ЗШ

УДК 519.711.2

О.О. Шептура, А.В. Соколова
Інститут інформатики і штучного інтелекту
ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», м. Донецьк, Україна
Україна, 83050, м. Донецьк, пр. Б. Хмельницького, 84

Розробка математичної моделі випуску продукції на нижніх рівнях управління виробництвом

A.A. Sheptura, A.V. Sokolova
Institute of Informatics and Artificial Intelligence
of Donetsk National Technical University, Donetsk, Ukraine
Ukraine, 83050, c. Donetsk, B. Khmelnitskiy st., 84

Development of Mathematical Model for Product Release at the Lower Levels of Production Management

А.А. Шептура, А.В. Соколова
Институт информатики и искусственного интеллекта
ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина
Украина, 83050, г. Донецк, пр. Б. Хмельницкого, 84

Разработка математической модели выпуска продукции на нижних уровнях управления производством

У статті розроблені математичні моделі управління випуском продукції на нижніх рівнях виробничого процесу, які враховують час переналадки обладнання при виробництві різних видів продукції та дозволяють обрати оптимальні режими роботи устаткування, що забезпечують мінімальні витрати ресурсів: електроенергії, газу, води.
Ключові слова: математична модель, випуск продукції, рівні управління виробництвом, переналадка обладнання, режими роботи обладнання, задача комівояжера, імітаційне моделювання.

In this article, mathematical models for product release at the lower levels of the production process, which take into account the time for equipment revamping when making different types of products and allow to select the optimum operating conditions of equipment, which provide the minimum cost of resources, i.e. electricity, gas and water.
Key Words: mathematical model, release, levels of production, equipment revamping, equipment operating modes, the TSP, simulation.

В статье разработаны математические модели управления выпуском продукции на нижних уровнях производственного процесса, которые учитывают время переналадки оборудования при производстве разных видов продукции и позволяют выбрать оптимальные режимы работы оборудования, которые обеспечивают минимальные затраты ресурсов: электроэнергии, газа, воды.
Ключевые слова: математическая модель, выпуск продукции, уровни управления производством, переналадка оборудования, режимы работы оборудования, задача коммивояжера, имитационное оборудование.

Вступ

Постановка проблеми дослідження. Проблемою дослідження є раціональне використання ресурсів при виробництві продукції та мінімізація часу на переналадку

обладнання під час випуску різних видів продукції, що передбачає розробку математичної моделі випуску продукції на нижніх рівнях управління.

Аналіз літературних джерел. На сучасних підприємствах як технологічних та економічних системах виділяють п'ять-сім рівнів організації виробництва [1]. На верхніх рівнях вирішуються зовнішні задачі планування, рішення за якими визначаються взаємовідносинами із зовнішніми організаціями. Розподілення програми випуску продукції з урахуванням отриманих на верхніх рівнях показників, які характеризують кінцеву продукцію підприємства в цілому на весь плановий період, квартал, місяць, декаду, тиждень, добу відбувається на середніх рівнях. На нижніх рівнях здійснюються календарне планування та поточне управління, що включає визначення плану випуску кожної виробничої ділянки на найближчу зміну, виконуються пооперащйне планування та управління інтенсивністю технологічних операцій усередині кожної виробничої ділянки. Питання оптимізації управління випуском продукції на верхніх, середніх та частково нижніх рівнях розглядаються в роботах [2-4].

Постановка задачі

Метою даної статті є розробка математичної моделі випуску продукції на нижніх рівнях виробництва, яка, по-перше, дозволить визначати послідовність випуску продукції таким чином, щоб мінімізувати час на переналадку обладнання, а по-друге, обирати оптимальні режими роботи устаткування для раціонального використання ресурсів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

а) формалізувати вхідні та вихідні змінні управління виробництвом;

б) здійснити постановку задач управління нижніх рівнів виробництва;

в) розробити математичну модель випуску продукції на нижніх рівнях виробництва;

г) визначити методи розв'язання поставлених задач.

Для визначення послідовності випуску продукції різного виду на кожній виробничій ділянці проведемо формалізацію вхідних та вихідних змінних.

Вхідними змінними моделі виступають замовлення на виготовлення продукції в плановому періоді:

$$Z = \{z_j\},\ j = \overline{1,n}, \tag{1}$$

де n – кількість замовлень; z_j – j-е замовлення на виробництво продукції.

Кожне замовлення характеризується об'ємами необхідної продукції *i-го* виду a_{ij} і терміном виконання замовлення t_j:

$$z_j = (a_{1j}, a_{2j}, ..., a_{mj}, t_j),\ j = \overline{1,n}, \tag{2}$$

де m – кількість видів продукції, що випускаються на виробництві.

Замовлення на i-й вид продукції групуються з урахуванням термінів виконання замовлень z_j:

$$A = \{a_i\}, i = \overline{1,m}, \tag{3}$$

де A – множина продукції, що випускається у плановому періоді.

$$a_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}, \quad \forall i = \overline{1,m}, \quad \forall z_j : t_j \le T^{пл}, \tag{4}$$

де a_i – кількість продукції i-го типу в портфелі замовлень.

Вихідними змінними моделі є планове завдання ділянкам на випуск продукції в наступному періоді у певній послідовності:

$$Y = \{A, V\}\,, \tag{5}$$

де $A=\{a_i\}$ – множина продукції, що випускається у плановому періоді; $V=(v_1, v_2,..v_i,...,v_m)$ – вектор порядку випуску продукції; v_i – порядок випуску продукції *i-го* типу, $i = \overline{1,m}$.

Виходячи з того, що випуск продукції різного виду вимагає переналадку устаткування, необхідно визначити такий порядок випуску продукції, щоб час, який витрачається на переналадку, був мінімальним.

Устаткування кожної ділянки поділяється на два види: устаткування, що потребує переналагодження, та устаткування, що не потребує переналагодження при виробництві продукції різного виду:

$$O = \{O_1, O_2\},$$

де $O_1 = \{O_{1p}\}$ – множина устаткування, яке потребує переналагодження, $p = \overline{1,k_1}$; $O_2 = \{O_{2q}\}$ – множина устаткування, яке не потребує переналагодження, $q = \overline{1,k_2}$.

Позначимо T_p матрицю суміжності, що характеризує час переналагодження *p*-го устаткування при зміні випуску продукції з *i*-го на *k*-й вид:

$$T_p = \left\| t_{ik}^p \right\| = \begin{pmatrix} 0 & t_{12}^p & t_{13}^p & ..... & t_{1m}^p \\ t_{21}^p & 0 & t_{23}^p & ...... & t_{2m}^p \\ ..... & ..... & ..... & ...... & ... \\ t_{m1}^p & t_{m2}^p & t_{m3}^p & ...... & 0 \end{pmatrix},\ p = \overline{1,k_1}\,. \tag{6}$$

Тоді задача управління формально може мати вигляд:

$$T = \sum_{p=1}^{k_1} \sum_{k=1}^{m} \sum_{i=1}^{m} t_{ik}^p \cdot x_{ik}^p \to \min_{x_{ik}^p}\,, \tag{7}$$

де T – сумарний час переналагодження,

$$x_{ik}^p = \begin{cases} 1, & \text{якщо після ії продукції випускається } k-a, \\ 0, & \text{якщо після } i-\text{ї продукції випускається не } k-a. \end{cases} \tag{8}$$

причому

$$\sum_{k=1}^{m} x_{ik}^p = 1, \quad \sum_{i=1}^{m} x_{ik}^p = 1\,. \tag{9}$$

Розв’язання задачі (7) може бути здійснене шляхом зведення її до задачі мінімізації мережі, де вузлами виступає вид продукції, дугами – час переналагодження обладнання з *i*-го на *k*-й вид продукції (рис. 1).

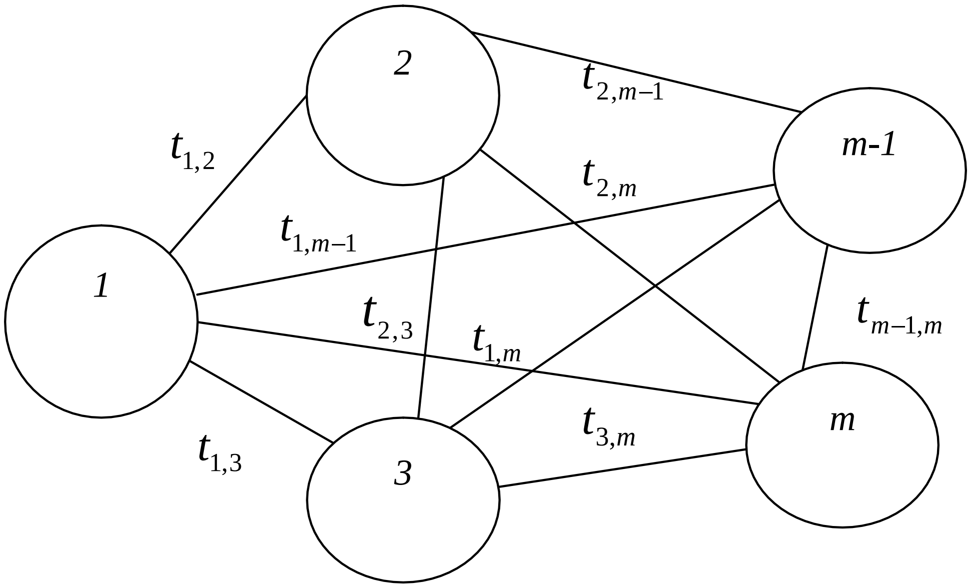


Рисунок 1 – Мережне представлення матриці суміжності

При допущенні, що переналадка устаткування з *і-го* виду на *k-й* займає такий же час, що й переналадка з *k*-го на *і*-й, тобто $t_{ik} = t_{ki}$, маємо неорієнтовану мережу. Якщо переналадка устаткування з *і*-го виду на *k*-й займає різний час, тобто $t_{ik} \neq t_{ki}$ – мережа орієнтована.

Тоді задача (7) може бути сформульована наступним шляхом: необхідно знайти безперервний шлях найменшої довжини, що сполучає усі вершини мережі, починаючи з тієї, на якій був закінчений випуск попереднього планового періоду.

Дана задача є задачею комівояжера без повертання в початковий пункт. Для розв'язання сформульованої задачі використовують метод гілок і меж, генетичні алгоритми або алгоритми мурашиної колонії.

При управлінні інтенсивністю технологічних операцій усередині кожної виробничої ділянки особа, що приймає рішення, використовує як критерій мінімум витрат таких ресурсів, як електроенергія, вода, газ при обмеженнях на строки випуску певного виду продукції.

Позначимо через O_3 устаткування, для якого можлива зміна режимів роботи, через O_4 – устаткування, що працює у постійному режимі. Тоді обладнання певної ділянки представимо у вигляді:

$$O = \{O_3, O_4\}, \tag{10}$$

де $O_3 = \{O_{3r}\},\ r = \overline{1, k_3};\ O_4 = \{O_{4s}\},\ s = \overline{1, k_4}$.

У загальному випадку

$$O_\alpha \cap O_\beta \neq \varnothing, \quad \alpha = \overline{1,2}, \quad \beta = \overline{3,4}.$$

Вхідними змінними для даної задачі є вихідні змінні попередньої задачі:

$$X = \{(a_i, v_i), T^{пл}\}, i = \overline{1, m}, \tag{11}$$

де вектор (a_i, v_i) характеризує об'єм та порядок випуску продукції *і*-го виду.

Вихідними змінними є режими роботи устаткування $R(O_{3r})$ і витрати C на ресурси, що йдуть на виробництво продукції:

$$Y = \{R(O_{3r}), C\}, \quad r = \overline{1, k_3}\,. \tag{12}$$

Задачею управління інтенсивністю технологічних операцій є визначення режимів роботи $R(O_{3r})$ r-го устаткування таким чином, щоб витрати на ресурси під час виробництва планової продукції були мінімальними, за умови, що план виконується у строк:

$$\begin{aligned} &C((a_i, v_i), R(O_{3r})) \to \min_{R(O_{3r})}, \\ &T\left((a_i, v_i), R(O_{3r})\right) \le T^{пл}. \end{aligned} \tag{13}$$

Сума витрат на виконання планового завдання може бути розрахована за формулою:

$$C((a_i, v_i), R(O_{3r})) = \sum_{u=1}^{w} \sum_{r=1}^{k_3} E_u(R(O_{3r})) \cdot C_u \cdot t_r\,, \tag{14}$$

де w – кількість видів ресурсів, що використовуються під час виробництва; $E_u(R(O_{3r}))$ – норма витрат u-го виду ресурсу в залежності від режиму роботи $R(O_{3r})$ r-го устаткування; C_u – ціна u-го виду ресурсу; t_r – час роботи r-го устаткування.

Для розв'язання задачі (13) розробляється імітаційна модель процесу виробництва продукції на ділянці (наприклад, у середовищі GPSS), яка дозволяє розраховувати сумарні витрати на ресурси та час виробництва в залежності від режимів роботи обладнання. Змінюючи режими роботи обладнання направленим перебором, визначаються мінімальні сумарні витрати.

Висновки

Розроблені математичні моделі управління виробництвом на нижніх рівнях дозволяють визначати послідовність випуску продукції таким чином, щоб мінімізувати час на переналадку обладнання, та обирати оптимальні режими роботи устаткування для раціонального використання ресурсів. Перспективами подальшого розвитку дослідження є розробка моделей та алгоритмів системи підтримки прийняття рішень при управлінні випуском продукції на нижніх рівнях виробництва.

Література

1. Первозванский А.А. Математические модели в управлении производством / Первозванский Анатолий Аркадьевич. – М. : Наука, 1975. – 616 с.
2. Аленина Е.Э. Оптимизация управления выпуском продукции на корпоративных предприятиях промышленности: дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Аленина Елена Эдуардовна. – М., 2005. – 149 с.
3. Пермяков А.А. Автоматизация процессов управления выпуском продукции и контроллинг ресурсов проектов на строительном предприятии полного цикла производства ЖБИ: дис. … канд. техн. наук : 05.13.06 / Пермяков Андрей Анатольевич. – М., 2009. – 183 с.
4. Бережная К.В. Математические методы и моделирование экономических систем : [учебное пособие] / Бережная К.В. – М. : Финансы и статистика, 2003. – 231 с.

Literatura

1. Pervozvanskij A.A. Matematicheskie modeli v upravlenii proizvodstvom. M.: “Nauka”. 1975. 616 s.
2. Alenina E.Je. Optimizacija upravlenija vypuskom produkcii na korporativnyh predprijatijah promyshlennosti: dis. kand. jekon. nauk: 08.00. M. 2005.149 s.
3. Permjakov A.A. Avtomatizacija processov upravlenija vypuskom produkcii i kontrolling resursov proektov na stroitel’nom predprijatii polnogo cikla proizvodstva ZhBI: dis. kand. tehn. nauk: 05.13.06. M. 2009. 183 s.
4. Berezhnaja K.V. Matematicheskie metody i modelirovanie jekonomicheskih sistem: Uchebnoe posobie. M.: Finansy i statistika. 2003. 231 s.

A.A. Sheptura, A.V. Sokolova

Development of Mathematical Model for Product Release at the Lower Levels of Production Management

The problem of the study is resource utilization in the manufacturing process and minimizing the time for equipment revamping when making different types of products that includes the development of mathematical models of production at the lower levels of management. In this article, the mathematical model for product release management product at the lower levels of the production process, which take into account the time for equipment revamping in the process of production of different types of products and allow to select the optimum operating conditions for equipment, which provide the minimum cost of resources, i.e. electricity, gas and water. The prospect of further development of the research is to develop models and algorithms for decision support system for product release management of product at the lower levels of production.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2012.